



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

FUSARIUM-SUVUN PUNA- HOMESIENTEN HALLINTA TÄSMÄKOMPOSTIN AVULLA

TEKIJÄ/T: Arno Varla

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Arno Varla	
Työn nimi Fusarium-suvun punahomesienten hallinta täsmäkompostin avulla	
Päiväys 26.11.2019	Sivumäärä/Liitteet 35/4
Ohjaaja(t) Juha-Matti Aalto, tuntiopettaja ja Pasi Pajula, yliopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Biopallo Systems Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia orgaanisen täsmäkompostin ominaisuuksia <i>Fusarium</i>-suvun punahomesienien hallinnassa. <i>Fusarium</i>-suvun punahomesienet aiheuttavat valtavia satotappioita eri kasvien viljelyssä ympäri maailmaa mm. sipulinviljelyssä. Opinnäytetyössä keskityttiin <i>Fusarium</i>-punahomesienten kasvua haittaavaan vaikutukseen keltasipuleissa (<i>Allium cepa</i>). Kemialliset torjuntakeinot ovat tehottomia ja saastuttavat ympäristöä.</p> <p>Työn alussa tutustuttiin <i>Fusarium</i>-sienten ominaisuuksiin sekä esiintyvyyteen ja erilaisiin orgaanisiin aineksiin, joita voitaisiin käyttää <i>Fusarium</i>-sienten hallinnassa ja kompostoinnissa. Seuraavaksi valmistettiin orgaaninen komposti käyttäen Biopallo Systems Oy:n kompostointireaktoria. Komposti kypsytettiin halutulle kypsyysasteelle, jonka jälkeen aloitettiin sipuleiden kasvatuskokeet. Kompostia ja muita orgaanisia ainesosia käyttäen luotiin kolme eri kasvatusalustaa, jossa sipuleiden kasvatuskokeet toteutettiin. Kasvatuskokeiden aikana seurattiin sipuleiden yleistä kasvua sekä <i>Fusarium</i>-tapausten määrää. Kasvatuskokeiden avulla kokeiltiin alustavasti, voidaanko täsmäkompostilla hallita <i>Fusarium</i>-tapausten määrää sipulinviljelyssä.</p> <p>Opinnäytetyössä saadut tulokset tukevat hypoteesiämme, että <i>Fusarium</i>-suvun punahomesienten aiheuttamia haittoja voitaisiin hallita täsmäkompostin avulla. Hypoteesin varmistamiseksi tarvitaan vielä lisäkokeita, joissa testataan erilaisia viljelytekniikoita ja ravinteellisesti sekä mikrobikannallisesti optimaalista kompostia. Kasvatuskokeiden tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa näissä lisäkokeissa.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p><i>Fusarium</i>, täsmäkomposti, sipuli, kasvatusalusta, komposti, orgaaninen</p>	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Arno Varla			
Title of Thesis Biocontrol of fusarium-based fungi using customized organic compost			
Date	26 November 2019	Pages/Appendices	35/4
Supervisor(s) Mr. Juha-Matti Aalto, Lecturer and Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Biopallo Systems Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to create a customized organic compost and utilize its properties against <i>Fusarium</i>-based fungi. <i>Fusarium</i>-based fungi causes massive crop losses around the world, in several different plant species including the yellow onion. This thesis focused on <i>Fusarium</i>-based fungi found in yellow onions (<i>Allium cepa</i>). Chemical control agents such as fungicides have been found ineffective against <i>Fusarium</i> and they pollute the environment. The purpose was to create a limited hypothesis, based on the results from the onion growing tests.</p> <p>The first task of the project was to research the properties and occurrence of <i>Fusarium</i> and to analyze different types of organic materials which could be used in the biocontrol of <i>Fusarium</i> and composting. The next step was to create an organic compost by using Biopallo Systems Ltd.'s composting reactor. The compost was then matured until it reached the correct maturity grade. After the compost was mature enough, the onion growing tests began. Using the matured compost and several types of organic materials, three different substrates were created. These substrates were used to conduct the onion growing tests. During the tests, overall growth of the onions and prevalence of <i>Fusarium</i> was monitored. The growing tests were implemented to examine the possibilities of controlling <i>Fusarium</i>-based fungi by using customized compost.</p> <p>The results obtained from the growing tests support the hypothesis, in that the damage caused by <i>Fusarium</i>-based fungi can be controlled using customized compost. To confirm the hypothesis, additional tests are required using different cultivation techniques and precisely optimized compost (nutritionally and microbiologically). The results of the tests can be utilized during additional tests in the future.</p>			
<p>Keywords</p> <p><i>Fusarium</i>, customized compost, onion, substrate, compost, organic</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn tausta	6
1.2	Työn toteutus	6
1.3	Työn toimeksiantaja	6
2	KOMPOSTOINTI PROSESSINA	7
2.1	Kompostointimenetelmät	10
2.1.1	Rumpukompostointi	10
2.1.2	Aumakompostointi	10
2.1.3	Tunnelikompostointi	11
2.1.4	Kehikkokompostointi	12
2.1.5	Biopallo	12
3	FUSARIUM-SUVUN PUNAHOMESIENET	13
3.1	Vaikutukset sipulin viljelyyn ja nykyiset torjuntamenetelmät	14
4	KOMPOSTOINNIN JA SIPULIN VILJELYKOEIDEN TOTEUTUS	15
4.1	Kasvatuskokeissa käytetty komposti	15
4.2	Sipulin kasvatuskokeet	15
5	TULOKSET	16
5.1	Tulokset: Kasvatuserä 1	16
5.2	Tulokset: Kasvatuserä 2	16
5.3	Tulokset: Kasvatuserä 3	17
5.4	<i>Fusarium</i> – sienten todentaminen	17
5.5	Sipulin ravinnetarpeet	18
6	TULOSTEN TARKASTELUA	18
6.1	Täsmäkompostin ominaisuuksia	18
6.2	Havaintoja kasvatuskokeista	20
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	21
8	LÄHTEET	22
9	LIITTEET	24
9.1	LIITE 1: KASVATUSKOEISSA KÄYTETTY KOMPOSTI (VAIN TILAAJAN KÄYTTÖÖN)	24
9.2	LIITE 2: KASVATUSKOEIDEN TOTEUTUS (VAIN TILAAJAN KÄYTTÖÖN)	26

9.3	LIITE 3: VÄLIRAPORTTI KASVATUSKOKEISTA (VAIN TILAAJAN KÄYTTÖÖN)	28
9.4	LIITE 4: KUVAGALLERIA KASVATUSKOKEISTA	31

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Kasvitaudit aiheuttavat maailmanlaajuisesti valtavia satotappioita maanviljelyssä. Torjunta-aineena käytetyt kemikaalit saastuttavat maaperää ja vesistöjä. Lisäksi kemialliset lannoitteet ja yksipuolinen tehoviljely köyhdyttää maaperää ja aiheuttaa eroosiota. Maaperän humus katoaa ja kemialliset lannoitteet karkaavat vesistöihin. Maaperän mikrobielämä köyhtyy ja pieneliöt katoavat. Köyhtyneiden peltojen tuottavuutta ylläpidetään keinotekoisesti kemiallisilla lannoitteilla ja kasvitautien torjunta-aineilla. *Fusarium*-suvun punahomesienet ovat esimerkki kasvitaudinaiheuttajista, jotka ovat yleistyneet Suomessa ja maailmalla. Kyseiset punahomesienet aiheuttavat merkittävää tuhoa useissa eri viljelyskasveissa esim. sipulissa. Kyseiselle taudinaiheuttajalle ei ole löydetty hyvin toimivaa torjuntamenetelmää. Orgaaninen täsmäkomposti, joka toimisi maaperän lannoittajana sekä monipuolista maaperän mikrobiologista toimintaa pienentämällä haitallisten mikrobien elintilaa, olisi täsmäratkaisu kyseisiin ongelmiin.

1.2 Työn toteutus

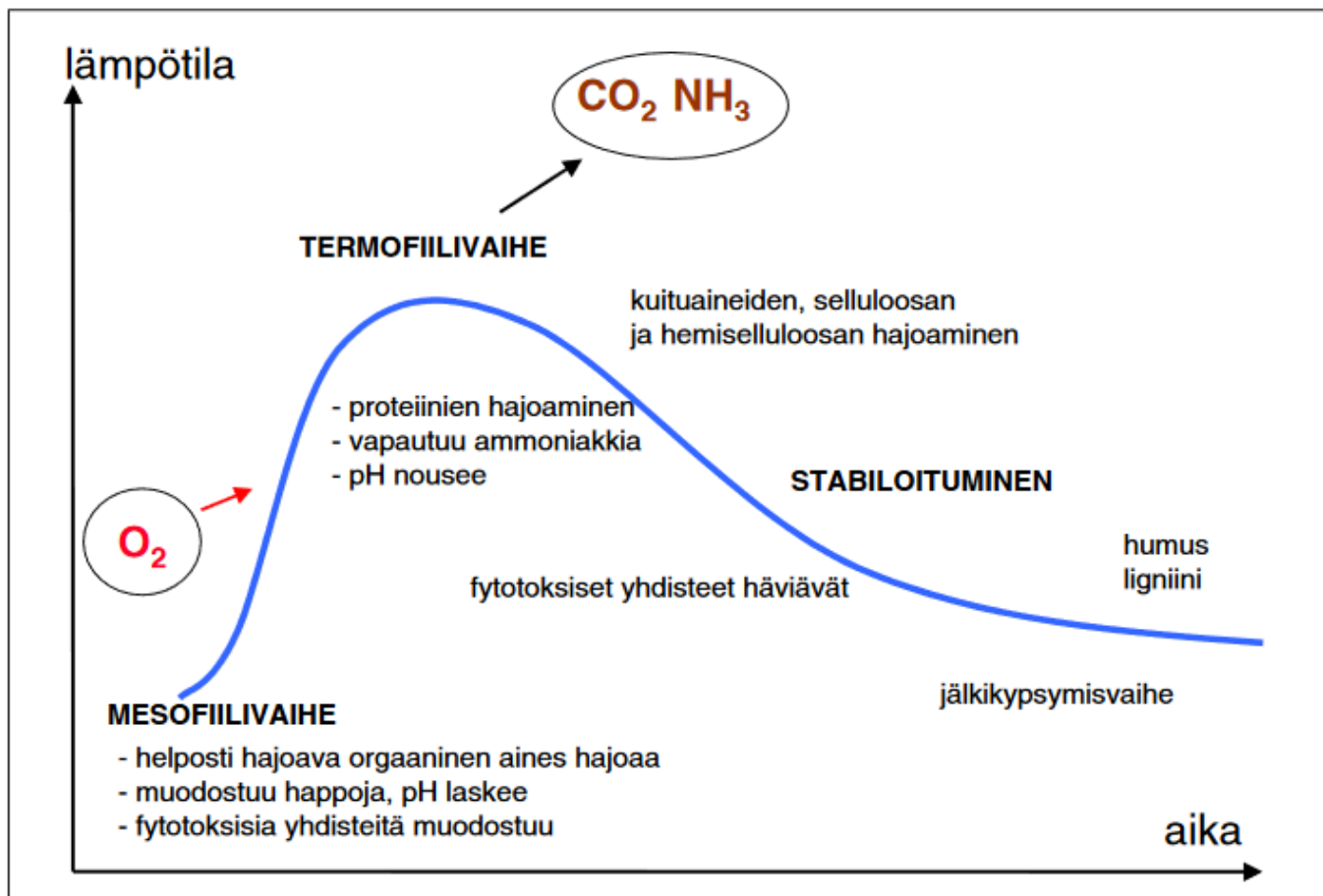
Työn alkuvaiheessa tehtiin työsuunnitelma, jota käytettiin teoriaosuuden ja kokeellisen osuuden suunnitteluun. Työn teoriaosuus koostui *Fusarium*-homesieniin liittyvästä selvitystyöstä. Työn kokeellinen osuus koostui sipulin kasvatuskokeista ja niissä käytettävän kompostin kompostointiprosessista. Työn kokeelliset vaiheet toteutettiin Biopallo Systems Oy:n tiloissa. Kasvatuskokeilla testattiin hypoteesia, jonka mukaan täsmäkompostin käytöllä voidaan hallita *Fusarium*-suvun punahomesienten tuhoja sipulinviljelyssä.

1.3 Työn toimeksiantaja

Työn toimeksiantajana toimi Biopallo Systems Oy, joka on Kuopiolainen ympäristöteknologiaan sekä kompostointiin keskittyvä yritys. Yritys kehittää kompostoimalla erilaisia lannoitteita ja maanparannusaineita. (biopallo.com)

2 KOMPOSTOINTI PROSESSINA

Kompostoituminen on aerobisissa (hapellisissa) olosuhteissa tapahtuvaa bakteerien, sienien ja sädesienien hajotustoimintaa, joka muuttaa orgaanisen aineksen humukseksi. Kompostoinnin sivutuotteena syntyy bakteerien toiminnan ansiosta lämpöenergiaa, hiilidioksidia, ammoniakkia, vesihöyryä ja ravinteita. Lisäksi maaperän pieneliöstö edistää orgaanisen aineksen kompostoitumista luonnossa. (Tuominen, 2015, 11)



Kuva 1. Kompostoitumisprosessin aikajana (Kompostin kypsyystestit, 2006)

Optimaaliseen kompostoitumiseen tarvitaan riittävästi happea, kosteutta, orgaanista ainesta ja lämpöä. Kompostia tulisi hapettaa niin paljon kuin mahdollista, muuten prosessi muuttuu anaerobiseksi (hapettomaksi) ja orgaaninen aines alkaa mätänemään. Asiallisesti hapetettu komposti ei haise epämiellyttävälle, sen sijaan mätänemään alkaneen kompostin tunnistaa nopeasti epämiellyttävästä hajusta. Kompostin hapetus prosessin aikana voidaan hoitaa massan säännöllisellä kääntelyllä ja orgaanisen seosaineen (hake, karike yms.) lisäämisen kompostiin. Seosaineen tarkoituksena on ilmastaa kompostimassaa, joka estää kompostin rakenteen liiallisen tiivistymisen hapettomaksi ja jäykäksi seokseksi. (Tuominen, 2015, 32-34)

Kompostoituminen tarvitsee oikean määrän kosteutta. Kompostin ihanteellisen kosteuden tulisi olla 50-60 tilavuusprosenttia. Mikrobin ja bakteerien elinympäristö on orgaanista ainesta peittävän vesikalvon pinnalla, joten kompostin ollessa liian kuiva, bakteeritoiminta ei pääse kunnolla vauhtiin. Kompostin ollessa liian kosteaa, kompostimassa muuttuu hapettomaksi ja alkaa mädäntyä hapenpuutteen takia. Kompostimassan kosteuden määrittämiseen voidaan käyttää ns. nyrkkitestiä. Nyrkkitestissä kompostia otetaan nyrkillinen käteen ja sitä puristetaan. Kompostin optimaalinen kosteus on saavutettu, kun massaa puristettaessa nyrkkiin siitä irtaantuu muutamia tippoja vettä. (Thompson, 2008, 30)

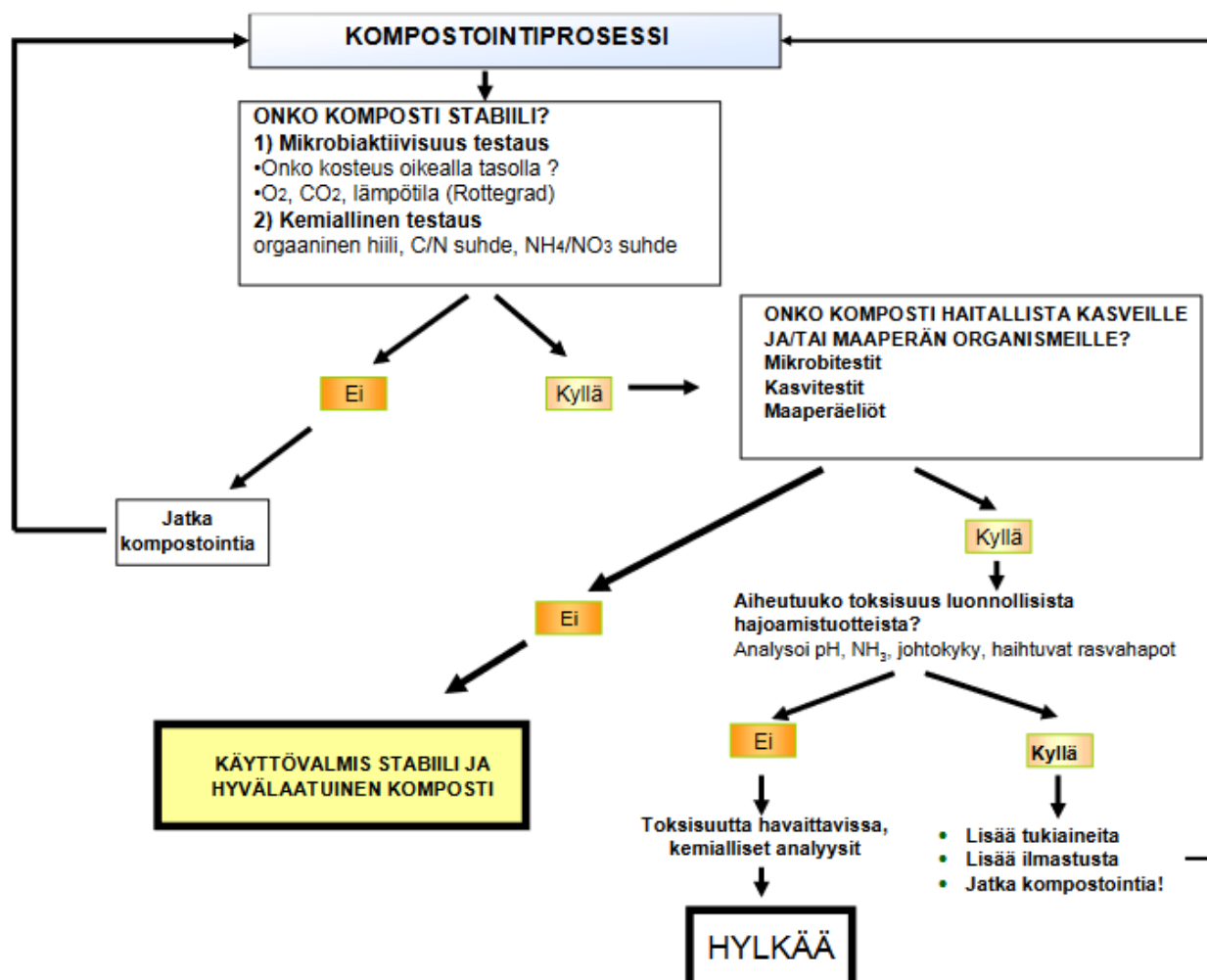
Kompostoituminen tarvitsee oikean määrän ja oikeassa suhteessa orgaanisia aineita. Kompostoinnin nopeuttamiseksi orgaanisen aineen tulisi olla paloitetuna sopivan pienen palakokoon. Pieni palakoko helpottaa mikrobin ja bakteerien työtä sekä edistää prosessin nopeutta. Kompostoitumisprosessin tärkeimmät aineet ovat hiili ja typpi. Kompostoitavien aineiden hiili/typpi-suhteen (C/N) tulisi olla kohdallaan. Perinteisessä kompostoinnissa optimaalinen C/N-suhde on 30:1 (30 kertaa enemmän hiiltä kuin typpeä). Typen avulla bakteerit ja mikrobit pystyvät lisääntymään, liian vähän typpeä sisältävä kompostimassa ei kompostoidu kunnolla. Mikäli typpeä on liikaa, se haihtuu ilmaan pistävän hajuisena ammoniakkinä. Hiiltä bakteerit ja mikrobit käyttävät energianlähteenä kompostoitumisessa. Runsaasti typpeä sisältäviä lähtöaineita ovat mm. virtsa, kanankakka, veri ja tuore ruoho. Runsaasti hiiltä sisältäviä lähtöaineita ovat mm. puuhake, paperi ja oljet. (Tuominen, 2015, 36-38)

Kompostoitumisessa ympäristön lämpötilan tulisi olla yli 0 celsiusta, mielellään enemmän. Pakkasessa kompostin bakteerien on vaikea käynnistyä ja ylläpitää kompostoitumisprosessia. Kompostoitumiselle tärkeät mesofiilimikrobit toimivat 20-45 celsiusasteessa. Tärkeät termofiilimikrobit sen sijaan toimivat 45-80 celsiusasteessa. Kompostin rikkaan mikrobitoiminnan takia kompostoitumisessa muodostuu paljon lämpöenergiaa. Mesofiilivaiheessa lämpötila nousee nopeasti 45 asteen yli. Termofiilivaiheessa lämpötila käy kuumimmillaan, jopa yli 70 asteessa. Termofiilivaiheen jälkeen massa alkaa jäähtyä kompostin kypsyessä ja stabiloituessa. Lopulta massa on kypsää ja lämpötila vastaa ympäristön lämpötilaa. (Thompson, 2008, 56-57)

Kompostoinnissa valmiin kompostimassan pH pitäisi olla 7-8. Mesofiilivaiheessa pH lähtee laskuun orgaanisten hapojen irrotessa. Termofiilivaiheessa osa tyypestä voi haihtua ilmaan ammoniakkinä. Termofiilivaiheessa ja sen jälkeen pH yleensä nousee 7-8 välille, mikäli prosessi on onnistunut. Nämä arvot voivat vaihdella paljonkin riippuen kompostoitavasta massasta, esim. mesofiilivaiheessa pH voi laskea merkittävästi, mikä haittaa mikrobitoimintaa ja hidastaa prosessia. (Kompostin kypsyystestit, 2006)

Kompostin kypsyys määritetään usealla eri keinolla. Raakaassa kompostissa on voimakas mikrobitoiminta ja korkeampi lämpötila. Lisäksi raakakomposti sisältää yleensä fytotoksisia aineita kuten haihtuvia rasvahappoja ja runsaasti ammoniumia. Raakan kompostin hiilidioksidintuotto ja hapenkulutus on suurempi kypsään kompostiin verrattuna. Kypsän kompostin mikrobitoiminta on yleensä vähentynyt, nitraattipitoisuus suurempi ja lämpötila vastaa ympäristön lämpötilaa. Lisäksi kypsän kompostin pH on yleensä 7-8 ja ravinnepitoisuudet pienempiä raakakompostiin verrattuna. (Kompostin kypsyystestit, 2006)

Täysin kypsä komposti on yleensä hyvä maanparannusaine, mutta ravinnemäärien puolesta ei pärjää lannoitteena. Ylikypsää kompostia ei tulisi käyttää lannoitteena hävinneiden humusaineiden ja ravinteiden takia. Puolikypsä komposti sopii mainiosti lannoitteeksi hyvien ravinnepitoisuuksien takia (typpi, kalium, fosfori). (Tuominen, 2015, 93-95)



Kuva 2. Kompostin kypsyyden arviointiohje (Kompostin kypsyytestit, 2006)

2.1 Kompostointimenetelmät

2.1.1 Rumpukompostointi

Rumpukompostori on sylinterin muotoinen pyörivä ja putkimainen säiliö, jossa orgaaninen aines kompostoituu. Kompostorin idea on pyörimällä kääntää sisällä olevaa kompostia, jolloin se hapettuu ja sekoittuu. Rummun päissä on laipat joista happi pääsee sisään. Kompostoitava aines on rummun sisällä ainakin viikon (riippuen kompostoitavasta aineesta) ennen siirtymistään jälkikompostointiin. (Hippolis.fi)



Kuva 3. Rumpukompostori (rekitec.fi)

2.1.2 Aumakompostointi

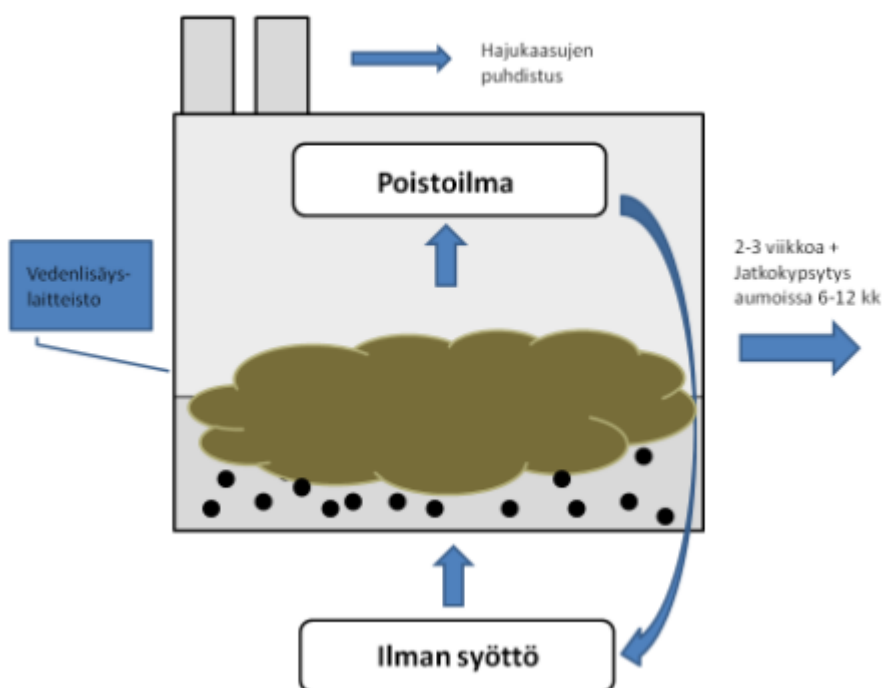
Aumakomposti on pitkä ja auman muotoinen kasa kompostia. Aumoja käännetään koneellisesti, jotta massa hapettuu. Aumakompostit ovat hidas tapa kypsyttää kompostia (minimissään 6kk) ja vaativat paljon tilaa. Lisäksi aumakomposteista voi syntyä hajuhaittoja ja prosessi ei ole hyvin hallittavissa. Aumoja käytetään yleensä muiden kompostointimenetelmien jälkeiseen jälkikompostointiin. (mtt.fi)



Kuva 4. Aumakomposti (Yle.fi)

2.1.3 Tunnelikompostointi

Tunnelikompostointi tapahtuu yleensä suljetussa betonisessa tunnelissa, jossa kompostimassaa ilmastetaan alhaalta ja kompostoitumisessa syntyvät kaasut kerätään talteen. Komposti on tunnelissa 2-3vk jonka jälkeen se siirretään muualle jatkokypsytykseen (esim. aumaan). Tämä menetelmä sopii hyvin suurille jätemassoille. (mtt.fi)



Kuva 5. Tunnelikompostoinnin periaatteet (mtt.fi)

2.1.4 Kehikkokompostointi

Perinteinen puutarhakompostori, joka voi olla tehty laudoista yms. Kompostori on yleensä avoin ja rakennetaan kehikon muotoon, jotta happi pääsee sivuilta massaansa. Käytetään ihmisten puutarhoissa kasvi- ja puutarhajätteen kompostointiin. Massa käännetään ja kastellaan käsin. Kompostoituminen tapahtuu suhteellisen hitaasti. (Tuominen, 2015, 58-62)



Kuva 6. Kehikkokompostori (yhteishyva.fi)

2.1.5 Biopallo

Biopallo on Biopallo Systems Oy:n kooreaktori, joka esikompostoi ja hajottaa biomassat poikkeuksellisen nopeasti.

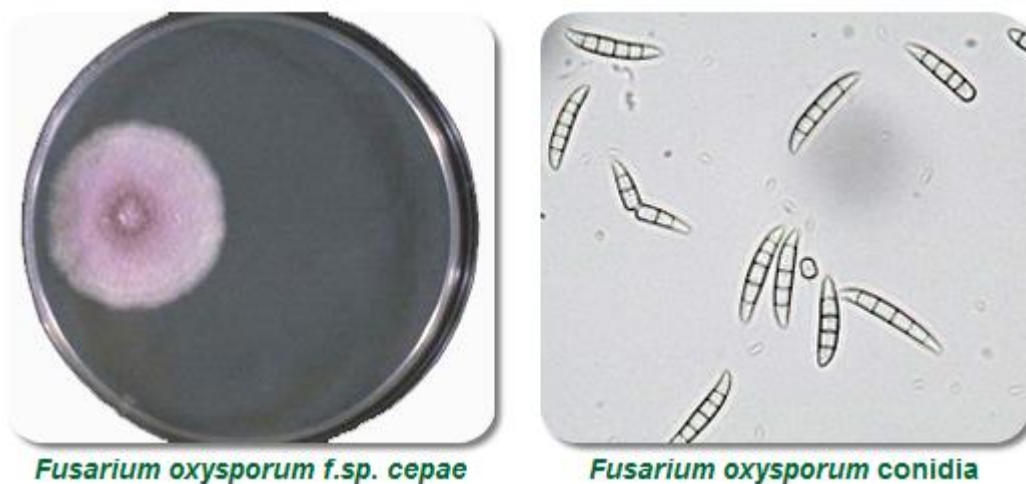


Kuva 7. Biopallo (Varla 2019-11-19)

3 FUSARIUM-SUVUN PUNAHOMESIENET

Fusarium -lajeja on merkittävä määrä ja ne vaikuttavat suureen määrään eri kasveja. Osa lajeista on haitallisia ja osa ei. Esimerkkejä sipuleille haitallisista *Fusarium* -suvun punahomesienistä:

Fusarium oxysporum f.sp. cepae on sipuleihin (*Allium cepa* -lajikkeisiin) erikoistunut *Fusarium oxysporum*-sienen alalaji. Sieni voi elää maassa useita vuosia kätköitiönä tai saprofyyttinä kasvijätteen seassa. Sieni hyökkää sipulin juuriin sekä lopulta leviää koko sipuliin. Sieni lakastuttaa sipulin varren ja lehdet sekä mädättää sipulin sisäisesti. Sieni leviää yleensä saastuneiden istukkaiden mukana pellolta toiseen. Liiallinen kosteus pellossa ja maaperän korkea (yli 26°C) lämpötila nopeuttavat sipulin mätänemisprosessia. (wiki.bugwood.org)



Kuva 8. *F. oxysporum f.sp. cepae* punahomesieni ja sen itiöt. (agritech.tnau.ac.in)

Fusarium proliferatum on sieni, joka aiheuttaa sipulimätää erikoispiirteensä sipuleiden värin muuttuminen vaaleanpunaiseksi pinnan ympärillä ja juurissa. Sieni on yksi haitallisimmista *Fusarium* -lajeista sipuleille. (CARRIERI, R., RAIMO, F., PENTANGELO, A. ja LAHOZ, E. 2013.)

Fusarium redolens on sieni, joka aiheuttaa sipulimätää ja on erityisen tehokas tappamaan istukkaita.

3.1 Vaikutukset sipulin viljelyyn ja nykyiset torjuntamenetelmät

Fusarium -sienten aiheuttama sipulimätä on valtava ongelma sipulinviljelyssä. Tavallinen viljelijä voi menettää merkittävän osan sadosta, kun sipulit mätänevät ensin pellolle ja lopulta varastoon. Pääasiassa Hollannista tulevat sipulin istukkaat ovat suurelta osin eri *Fusarium* -lajien saastuttamia. Istukkaiden, muun saastuneen materiaalin tai työkoneiden mukana sienet kulkeutuvat peltoon, jossa ne säilyvät itiöinä jopa useita vuosia. Saastuneiden istukkaiden tartunta voi esiintyä piilotartuntana ja sienien aiheuttamat oireet alkavat vasta myöhemmin. *Fusarium* -sienten saastuttama pelto on hyvin vaikea puhdistaa haitallisista sienistä. (mtt.fi)

Sipulin luomuviljelyssä haitalliset *Fusarium* -sienet ovat vielä suurempi ongelma. Luomusato voi tuhoutua kokonaan sienien takia, tämän vuoksi luomusipulin saatavuudessa voi olla ongelmia. Luomuviljelyyn kohdistuvat suuremmat haitat johtuvat siitä, että istukkaita ei peiteta kemiallisilla tai biologisilla torjunta-aineilla eikä viljelyn aikana käytetä kemiallisia torjunta-aineita. (mtt.fi)

Fusarium -sienten torjuntaan on olemassa nykyteknologialla useita eri tehokkuuksilla toimivia torjunta-aineita.

Nykyään käytettäviä biologisia torjunta-aineita ovat esim. Mycostop, Prestop ja FZB 24.

Kaikkien edellä mainittujen toimintaperiaate perustuu tuotteessa olevaan sädebakteeriin, bakteeriin tai sieneen, joka vaikeuttaa *Fusarium* -sienten toimintaa maaperässä ja parantaa kasvin kasvua. Aineiden tehosta on saatu vaihtelevia tuloksia. (mtt.fi)

Istukassipulien käsittely	<i>Fusarium</i> - lajit yhteensä %	<i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i> %	<i>Fusarium</i> <i>proliferatum</i> %	<i>Fusarium</i> <i>redolens</i> %	<i>Fusarium</i> <i>tricinctum</i> %	Muut <i>Fusarium</i>-lajit %
Ei lämpökäsitelty, ei peitattu	92,1	9,2	9,2	50,0	23,7	0,0
Ei lämpökäsitelty, peitattu	18,1	2,1	1,1	4,3	7,4	3,2
Lämpökäsitelty, ei peitattu	94,9	23,5	31,6	38,8	1,0	0,0
Lämpökäsitelty, peitattu	21,3	1,3	2,5	17,5	0,0	0,0

Kuva 9. Lämpökäsittelyn ja peittauksen vaikutuksia istukkaiden *Fusarium*-saastumisprosentteihin EKOkas-hankkeessa (mtt.fi)

Kemiallisiin torjunta-aineisiin kuuluu maailmalla esim. Antracol, Karbendatsiimi ja Kuparioksidikloridi.

Nämä kaikki vähentävät vaihtelevalla tehokkuudella *Fusarium* -sienten määrää sipuleissa.

(BEHRANI, G., SYED, R., ABRO, M., JISKANI, M. ja KHANZADA, M. 2015.)

Fusarium -sienten biologiseen torjuntaan maaperässä voitaisiin käyttää biofumikaatiota eli tietyissä ristikkukaiskasveissa esiintyvien glukosinolaattien hajoamistuotteena syntyvien kaasujen vaikutusta maaperässä. Biofumikaatiossa tiettyä ristikkukaiskasvimateriaalia sekoitetaan maaperään. Hajotessaan kasvimateriaalin glukosinolaatit tuottavat myrkyllisiä kaasuja ja voivat vähentää *Fusarium* -sienikasvustojen määrää. (Biologiset torjuntamenetelmät luomusipulin ja -perunan tautitorjunnassa, 2015.)

Pensasmustikan näivetettä aiheuttavan *Fusarium solani* – sienen on todettu aiheuttavan vähemmän tautitapauksia orgaanisella typpilannoitteella lannoitetussa kasvualustassa kuin epäorgaanisella typpilannoitteella lannoitetussa. (MONTALBA, R., ARRIAGADA, C., ALVEAR, M. ja ZUNIGA, G. 2010.)

4 KOMPOSTOINNIN JA SIPULIN VILJELYKOKEIDEN TOTEUTUS

4.1 Kasvatuskokeissa käytetty komposti

Sipuleiden kasvatuskokeissa käytettiin Biopallo Systems Oy:n kompostointireaktorilla tuotettua orgaanista kompostia. Kompostointi toteutettiin Liitteen 1 mukaisesti.

Kasvatuskokeissa käytetty komposti oli Biopallo Systems Oy:n orgaanista yleiskompostia eli kompostin ravinnepitoisuuksia ja muita ominaisuuksia ei oltu optimoitu keltasipulin (*Allium cepa*) ravinnetarpeisiin, mahdolliseen *Fusarium*-tautivasteeseen maaperässä tai optimaaliseen ravinteiden/veden sitomiseen maaperässä.

4.2 Sipulin kasvatuskokeet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli testata alustavasti hypoteesi *Fusarium*-sienten hallinnasta maaperässä täsmäkompostin ja/tai muiden orgaanisten ainesosien avulla. Hypoteesin perustaksi tarvittiin konkreettisia tuloksia. Sipulin kasvatuskokeet toteutettiin konkreettisten tulosten saamiseksi. Kasvatuskokeiden mittakaava oli pieni, mutta riittävä hypoteesin alustavaan testaukseen. Kasvatuskokeet olivat budjetin takia rajattuja ja ne toteutettiin ainoastaan opinnäytetyötä varten. Kokeiden suunnitteluun ei ollut merkittäviä resursseja tai aikaa, vaan suunnittelu tehtiin suhteellisen nopeasti ottaen huomioon käytännöllisyyden. Kasvatuskokeista saadut tulokset analysoitiin ja analyysin pohjalta tehtiin johtopäätökset. Sipulin kasvatuskokeet toteutettiin Liitteen 2 mukaisesti.

5 TULOKSET

Kasvatuskokeiden tulokset olivat mielenkiintoisia, mutta eivät yllättäviä. Kasvatuskokeiden lopputuloksissa keskityttiin *Fusarium*-sienen tuhoamiin sipuleihin ja sipuleiden yleiseen kasvuun. Sipuleiden *Fusarium*-tartunnat todettiin ensin silmämääräisesti, jonka jälkeen saastuneiden yksilöiden tartunta varmistettiin laboratoriokokeella.

5.1 Tulokset: Kasvatuserä 1

Ensimmäiseen kasvatuserään istutettiin 62 istukasta. Ensimmäisessä kasvatuserässä oli kasvatuskokeiden päätyttyä 50 visuaalisesti tervettä sipulia. Yksi terve sipuli poistettiin ja avattiin kesken kasvatuskokeiden. Lisäksi yksi *Fusarium*-sienen tuhoama sipuli poistettiin ja avattiin kesken kasvatuskokeiden. Kaksi istukasta olivat viallisia eivätkä koskaan itäneet. Näin ollen visuaalisesti varmojen *Fusarium*-tapausten määrä oli yhteensä 9. Vialliset istukkaat poistaen yhtälöstä ja olettaen, että kesken kasvatuskokeiden poistettu terve sipuli olisi pysynyt terveenä, ensimmäisen kasvatuserän *Fusarium*-kuolleisuusprosentti oli 15%.

Kasvatuserän yleinen sipuleiden kasvu oli kehnoa, todennäköisesti kohdassa 5.3 listatuista syistä johtuen. Sipulit jäivät ensimmäisessä kasvatuserässä pienimmiksi. 50 tervettä sipulia painoi 873 grammaa eli yhden sipulin keskimääräinen paino oli 17,46 grammaa.

Kyseisen kasvatuserän kasvatusalustaa ei oltu saastutettu *Fusarium*-pitoisella maa-aineksella, joten suurella varmuudella kasvatuskokeissa käytetyt istukkaat olivat saastuneita.

5.2 Tulokset: Kasvatuserä 2

Toiseen kasvatuserään istutettiin 70 istukasta. Toisessa kasvatuserässä oli kasvatuskokeiden päätyttyä 47 visuaalisesti tervettä sipulia. Yksi terve sipuli poistettiin ja avattiin kesken kasvatuskokeiden. Lisäksi yksi *Fusarium*-sienen tuhoama sipuli poistettiin ja avattiin kesken kasvatuskokeiden. Toisessakin kasvatuserässä kaksi istukasta olivat viallisia eivätkä koskaan itäneet. Kasvatuserän yksi sipuli oli todennäköisesti sipulikärpäsien tuhoama. Visuaalisesti varmojen *Fusarium*-tapausten määrä oli 19. Poistaen vialliset, sipulikärpäsien tuhoamat ja olettaen, että kesken kokeiden poistettu terve sipuli olisi pysynyt terveenä, toisen kasvatuserän *Fusarium*-kuolleisuusprosentti oli 28,3%.

Kasvatuserän sipulit kasvoivat hieman paremmin kuin ensimmäisen kasvatuserän. Toisen kasvatuserän sipulit olivat hieman suurempia kuin ensimmäisen erän. 47 tervettä sipulia painoi 925 grammaa eli yhden sipulin keskimääräinen paino oli 19,68 grammaa.

Toisen erän kasvatusalusta oli saastutettu *Fusarium*-pitoisella maa-aineksella, joten *Fusarium*-kuolleisuusprosentti oli korkeampi kuin ensimmäisessä kasvatuserässä.

5.3 Tulokset: Kasvatuserä 3

Kolmanteen kasvatuserään istutettiin 72 istukasta. Kolmannessa kasvatuserässä oli kasvatuskokeiden päätyttyä 53 visuaalisesti tervettä sipulia. Yksi terve sipuli poistettiin ja avattiin kesken kasvatuskokeiden. Lisäksi yksi *Fusarium*-sienen tuhoama sipuli poistettiin ja avattiin kesken kasvatuskokeiden. Toinen terve sipuli irtosi rikkaruohojen kitkemisen yhteydessä kesken kasvatuskokeiden. Yksi istukas oli viallinen eikä itänyt. Visuaalisesti varmojen *Fusarium*-tapausten määrä oli 16. Vialliset istukkaat poistaen yhtälöstä ja olettaen, että kesken kasvatuskokeiden poistetut terveet sipulit olisivat pysyneet terveinä, kolmannen kasvatuserän *Fusarium*-kuolleisuusprosentti oli 22,5%.

Kasvatuserän sipulit kasvoivat hieman paremmin kuin toisen kasvatuserän sipulit. Kolmannen kasvatuserän sipulit kasvoivat kaikista parhaiten. 53 tervettä sipulia painoi 1259 grammaa eli yhden sipulin keskimääräinen paino oli 23,75 grammaa. Kolmannen kasvatuserän sipulit olivat keskimäärin 26,4% suurempia kuin ensimmäisen kasvatuserän sipulit ja 17,1% suurempia kuin toisen kasvatuserän sipulit.

Kyseisen kasvatuserän kasvatusalusta oli täysin sama kuin toisen kasvatuserän, ainoa ero oli kolmannen kasvatuserän alustaan lisätty tietty orgaaninen aine.

5.4 *Fusarium* – sienten todentaminen

Sipulien *Fusarium*-analyysissä todettiin lähetetyn näytteen sisältävän suuria ja hyvin suuria määriä *Fusarium*-sienikasvustoja. Lisäksi näytteestä todettiin hyvin pieniä määriä *Passalora fulva*-sientä, joka aiheuttaa tomaatin lehti-hometta. (en.wikipedia.org)

Tulokset	Fungi	Results	1	2	3	4	5	6
	<i>Fusarium</i> spp.	6						
	<i>Fusarium oxysporum</i>	6						
	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cucumerinum</i>	5						
	<i>Fusarium solani</i>	5						
	<i>Passalora fulva</i>	1						

Detection: 1 = very low, 2 = low, 3 = moderate, 4 = moderate high, 5 = high, 6 = very high

Any fungi detected are specified separately above. If no identified fungi are displayed, then no measurable levels of the fungi being tested for were found in the specimen tested. The specimen was tested for the following fungi:

<i>Alternaria</i> spp.	<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i>	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
<i>Althelia rolfsii</i>	<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-cucum.</i>	<i>Phytophthora cryptogea</i>	<i>Sclerotinia</i> spp.
<i>Botrytis cinerea</i>	<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycop.</i>	<i>Phytophthora drechsleri</i>	<i>Sclerotinia minor</i>
<i>Colletotrichum</i> spp.	<i>Fusarium sacchari</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
<i>Colletotrichum acutatum</i>	<i>Fusarium solani</i>	<i>Phytophthora nicotianae</i>	<i>Sclerotinia trifoliorum</i>
<i>Colletotrichum coccodes</i>	<i>Macrophomina phaseolina</i>	<i>Plectosphaerella cucumerina</i>	<i>Septoria lycopersici</i>
<i>Colletotrichum gleosporioides</i>	<i>Myrothecium rostratum</i>	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	<i>Spongopora subterranea</i> f.sp. <i>subt.</i>
<i>Cylindrocarpum destructans</i>	<i>Olpidium bornovianus</i>	<i>Pythium</i> spp.	<i>Stemphylium</i> spp.
<i>Cylindrocadium</i> spp.	<i>Olpidium brassicae</i>	<i>Pythium aphanidermatum</i>	<i>Thielaviopsis basicola</i>
<i>Didymella</i> spp.	<i>Olpidium virulentus</i>	<i>Pythium dissotocum</i>	<i>Trichoderma</i> spp.
<i>Fusarium</i> spp.	<i>Passalora fulva</i>	<i>Pythium irregulare</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Phoma destructiva</i>	<i>Pythium polymastum</i>	<i>Verticillium</i> spp.
<i>Fusarium lactis</i>	<i>Phomopsis sclerotiorum</i>	<i>Pythium sylvaticum</i>	<i>Verticillium albo-atrum</i>
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Phytophthora</i> spp.	<i>Pythium tracheiphylum</i>	<i>Verticillium dahliae</i>
<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>cucumerinum</i>	<i>Phytophthora capsici</i>	<i>Pythium ultimum</i>	

Kuva 10. Sipulinäytteen *Fusarium*-analyysin tulokset (Varla 2019-10-20)

5.5 Sipulin ravinnetarpeet

Keltasipulin kasvatuksessa on tärkeää, että sipulit saavat tarpeeksi ravinteita. Ravinteiden puute heikentää sipuleiden kasvua ja puolustuskykyä *Fusarium*-sieniä vastaan. Kasvatuskokeissa käytetyn keltasipulin (*Allium cepa*) ravinnetarpeet ovat seuraavanlaiset:

- Typeä tarvitaan noin 3kg sipulitonnia kohti, typeä tarvitaan eniten kaikista ravinteista.
- Fosforia tarvitaan noin 0,5kg sipulitonnia kohti, tärkeä ravinne juurten kasvun kannalta.
- Kaliumia tarvitaan noin 2,2kg sipulitonnia kohti, sipulin lehtien kasvun kannalta tärkeä ravinne.
- Kalsiumia tarvitaan noin 0,8kg sipulitonnia kohti, tärkeä ravinne lehtien kasvun kannalta.
- Rikkiä tarvitaan noin 0,6kg sipulitonnia kohti, vaikuttaa sipulin makeuteen.
- Magnesiumia tarvitaan noin 0,2kg sipulitonnia kohti.

Lisäksi keltasipuli tarvitsee myös vähemmässä määrin:

- Booria, parantaa satoa ja sipuleiden laatua.
- Rautaa.
- Sinkkiä, parantaa siementen itävyyttä.
- Kuparia, sipulin kuorelle ja värin parantamiseen. (yara.co.uk)

6 TULOSTEN TARKASTELUA

6.1 Täsmäkompostin ominaisuuksia

Kompostin käyttö lannoitteena tai maanparannusaineena riippuu sen ominaisuuksista sekä käyttötarkoituksesta. ”Täsmäkomposti”-termillä tarkoitetaan kompostia, jonka käyttötarkoitus on tietyn viljelykasvin tarpeisiin luotu tuote. Täsmäkompostilla voi olla useita käyttötarkoituksia, kuten esim. Tietyn viljelykasvin ravinnetarpeen tyydytys, tietyn kasvitautivasteen luonti maaperään ja/tai ravinteiden/veden sitominen maaperään.

Luonnonmukaisen täsmäkompostin käyttö lannoitteena on mahdollista. Tarkoituksena olisi tietyn kasvin ravinnetarpeisiin luotu täsmäkomposti. Eri kasveilla on luonnollisesti erilaiset ravinnetarpeet ja määrät. Kompostin alkureseptiä muokkaamalla ja kompostointiprosessia säätämällä voidaan luoda hyvinkin erilaisia komposteja ravinnemäärältään, rakenteeltaan ja muilta kemiallisilta ominaisuuksiltaan.

Täsmäkompostin ravinnemäärien ja tyyppien optimointi on mahdollista Biopallo Systems Oy:n kompostointiprosessin aikana, joko reaktorivaiheessa, jälkikypsytysvaiheessa tai mahdollisesti prosessin jälkeen. Kompostointireseptiä tehtäessä tärkeää on C:N-suhteen tasapainotus halutulle tasolle, kompostimassan käyttötarkoituksesta riippuen. Reaktorivaiheen aikana voidaan lisätä vettä tai muita ainesosia mikäli se nähdään tarpeelliseksi prosessin kannalta. Massan hapensaantia voidaan lisätä tai vähentää. Massan pH:n muuttuu yleensä kompostiprosessin yleisen kaavan mukaan, mutta sitäkin on mahdollista muokata. Massan lämpötilaa voidaan nostaa tai laskea, mikäli se koetaan prosessin kannalta tarpeelliseksi. Aumavaiheessa massan kypsymistä voidaan hidastaa tai nopeuttaa kastelulla ja

käännoillä. Lisäksi massaan voidaan tässä vaiheessa lisätä tiettyjä aineita, joiden lisääminen reaktorivaiheessa ei ole mahdollista. Kompostin ollessa kypsää, ainesosia voidaan lisätä jälkikäteen halutun lopputuloksen saamiseksi. Toinen tarkoitus mihin täsmäkompostia voidaan tarvita on luontaisen vasteen rakentamiseen tietyille kasvitaudeille. Kompostissa itsessään on kompostoitumisvaiheessa rikas mikrobitoiminta, joka vähenee kompostin kypsyessä. Täsmäkompostia voidaan muokata ”Ympillä” eli mikrobikannalla, jonka avulla voidaan luoda kompostiin luontainen mikrobivaste tietyille bakteerin tai sienen aiheuttamalle kasvitautille (Esim. *Fusarium* -sienen aiheuttamalle sipulimädälle). Kyseinen mikrobikanta voi perustua esim. kasvin kanssa symboosissa elävän mikrobin kykyyn parantaa kasvin ravinteidensaantia ja luontaista vastustuskykyä. Lisäksi mikrobikanta voi hyödyntää taudinaiheuttajamikrobia ravintonaan tai viedä taudinaiheuttajan elintilan.

Esimerkiksi *Trichoderma longibrachiatum* -sienen hyödyntämistä luontaisena vasteena *Fusarium* -sienten aiheuttaman sipulimädän torjunnassa on tutkittu. *Trichoderma longibrachiatum* toimii symboosissa kasvin kanssa ja voi aiheuttaa muutoksia kasvin aineenvaihdunnassa sekä laukaista kasvin luontaisia vastustusmekanismeja *Fusarium* -sientä vastaan. *Trichoderma longibrachiatum* pystyy kasvin aineenvaihduntaa muuttamalla parantamaan kasvua ja vastustuskykyä *Fusarium* -sientä vastaan. (ABDELRAHMAN, M., ABDEL-MOTAAL, F., EL-SAYED, M., JOGAIAH, S., SHIGYO, M., ITO, S. ja TRAN, L. 2016.)

Täsmäkompostin ominaisuuksia hyödyllisten mikrobien ylläpitämiseksi voidaan parantaa lisäämällä kompostiin ainesosia, jotka parantavat hyödyllistä mikrobitoimintaa maaperässä. Esimerkki vastaavasta hyödyllisestä aineesta on biohiili. Biohiili on pyrolyysimenetelmällä orgaanisesta aineesta tehty hiilituote. Biohiilellä on hyvin huokoinen rakenne, mikä mahdollistaa suotuisan elinympäristön mikrobipopulaatioille. Biohiilen on jossain tapauksissa todettu lisäävän hyödyllisten mykorritsasienien läsnäoloa kasvien juuristoissa. Hyödyllisten mikrobien lisääntyminen ritsofäärissä voi parantaa kasvien kasvua. (LEHMANN, J., RILLIG, M., THIES, J., MASIELLO, C., HOCKADAY, W., ja CROWLEY, D. 2011.)

Täsmäkompostin kolmas käyttötarkoitus voisi olla ravinteiden ja veden sitominen peltoon. Tässäkin tapauksessa biohiilen hyödylliset puolet tulevat esiin. Biohiiltä voidaan lisätä kompostiin, joko jauhettuna tai pienessä palakoossa. Biohiilen on havaittu sitovan hyvin vettä itseensä. Tämä vedensitomiskyky on hyödyllistä peltojen tulvimisriskin vähentämiseksi ja kasvien vedensaantitarpeiden parantamiseksi. Lisäksi biohiilen on havaittu sitovan ravinteita peltoon, joka vähentää ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin ja vesistöjen rehevöitymistä. Ravinteiden sitoutuminen täsmäkompostiin, joka sisältää esim. biohiiltä vähentää keinolannoitteiden käyttötarvetta. (EL NAGGAR, A., EL NAGGAR, A.H., SHAHEEN, S., SARKAR, B., CHANG, S., TSANG, D., RINKLEBE, J., ja OK, Y. 2019.)

Orgaaninen täsmäkomposti on valmistettu orgaanisista ainesosista ja optimaalisessa tilanteessa pääasiallisesti jätteistä. Kaatopaikkojen ja polttolaitosten tarve vähenisi, kun orgaaniset jätteet hyötykäsiteltäisiin ja niistä rakennettaisiin lannoite tai maanparannusaine. Kemiallisten lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttö vähenisi, mikä vähentäisi ympäristöhaittoja merkittävästi. Ravinteiden luontainen kiertokulku toteutuisi.

6.2 Havaintoja kasvatuskokeista

Kasvatuskokeiden aikana havaittiin puutteita, jotka todennäköisesti vaikuttivat lopullisiin tuloksiin. Tilanpuute, budjetti ja kokemattomuus vaikuttivat päätöksiin, jotka mahdollisesti vaikuttivat tuloksiin. Muutamia kasvatuskokeissa havaittuja asioita:

- Kasvatuslaatikoiden vajaa täyttö jätti sipulit eräänlaiseen ”poteroon” ja vähensi auringonvalon vaikutusta sekä esti sipuleiden ”tuulettumista” ylimääräisen kosteuden poistamiseksi. Liika kosteus edistää mm. *Fusarium*-sienten menestymistä.
- Tilanpuutteen vuoksi kasvatuslaatikot jäivät puolivarjoon, mikä vähensi sipuleiden auringonvalon saantia.
- Ravinteiden puute liian vähäisestä kompostin määrästä johtuen, kompostia käytettiin varovaisesti johtuen kompostin kypsyysen epävarmuudesta, jotta vältettäisiin raan kompostin fytotoksiset vaikutukset.
- Varsinaista täsmäkompostia ei ehditty tuottaa kasvatuskokeisiin, kokeissa sen sijaan testattiin orgaanisen yleiskompostin ja erilaisten orgaanisten aineiden yhteisvaikutusta.
- Kaikesta huolimatta, *Fusarium*-kuolleisuusprosentti oli yllättävän matala.



Kuva 11. *Fusariumin* tuhoama sipuli (Varla 2019-09-09)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kasvatuskokeista saatujen tulosten tarkoituksena oli alustavasti testata hypoteesi, jota voi käyttää mahdollisten tulevaisuuden jatkoprojektien alustana tai uusien ideoiden laatimiseen. Lisäksi koko työ oli hyvää harjoittelua suuren skaalan projekteihin. Kasvatuskokeiden pienestä skaalasta huolimatta, tiettyjä viitteitä kasvatuskokeissa käytettyjen kasvatusalustojen eroista havaittiin.

Sipuleiden kasvun erot tulivat parhaiten esille kasvatuskokeiden alkuvaiheen ja puolivälin välissä. Kolmannen kasvatuserän kasvu oli ylivoimaista verrattuna ensimmäiseen ja toiseen. Sipuleiden kasvu hiipui jokaisessa kasvatusalustassa kasvatuskokeiden puolenvälin jälkeen ja *Fusarium*- tapauksia alkoi ilmettyä suuremmissa määrin.

Ensimmäisen kasvatuserän sipulit jäivät pienimmiksi, mutta *Fusarium*- kuolleisuusprosentti oli pienin. Kyseisen erän *Fusarium*- kuolleisuusprosentin ollessa pienin (15%) ja ottaen huomioon, ettei kyseiseen kasvatusalustaan lisätty *Fusarium*- pitoista maa-ainesta, voidaan tehdä olettaa että istukaserä oli saastunut. Voidaan myös olettaa, että terveiden sipuleiden pieni koko ei todennäköisesti johtunut *Fusarium*- sienistä vaan kohdassa 6.2 listatuista asioista.

Toisen kasvatuserän sipulit olivat hieman suurempia kuin ensimmäisen, mutta *Fusarium*- kuolleisuusprosentti oli suurin (28,3%). Suurin kuolleisuusprosentti oli odotettua, ottaen huomioon saastutetun kasvatusalustan sekä saastuneet istukkaat. Erän sipuleiden *Fusarium*- kuolleisuusprosentti ei ole mitenkään poikkeava, ottaen huomioon sipuleiden täysin luonnonmukaisen kasvatustavan ja peittäamattomuuden. *Fusarium*- sienet voivat tuhota jopa 70% istukkaista kasvatetusta luomusadosta. (yle.fi)

Kolmannen kasvatuserän sipulit olivat suurimpia, ja *Fusarium*- kuolleisuusprosentti pienempi kuin toisessa kasvatuserässä (22,5%). Kasvatusalustat olivat melkein identtisiä toisen kasvatuserän kanssa, ainoa ero oli kolmannen kasvatuserän alustaan laitettu pieni määrä tiettyä orgaanista ainetta. Näistä eroista johtuen voidaan olettaa, että tämä aine vaikuttaa kasvuun positiivisesti ja mahdollisesti ehkäisee *Fusarium*- sienien aiheuttamia tuhoja.

Kokeissa käytetyt kasvatusalustat tuottivat mielenkiintoisia tuloksia, sillä *Fusarium*- kuolleisuusprosentit olivat yllättävän pieniä. Täysin oikein toteutettuna ja suuremmassa skaalassa, kasvatuskokeet todennäköisesti olisivat tuottaneet suurempia sipuleita ja vieläkin vähemmän *Fusarium*- tapauksia. Jatkokokeet tulisi tehdä pelto-olosuhteissa sipulin ravinnetarpeisiin suunnitellulla kompostilla sekä mikrobiologisiin ratkaisuihin tulisi panostaa suuresti.

8 LÄHTEET

TUOMINEN, Kirsi. 2015. Kaikki kompostoinnista ja maanparannuksesta. Helsinki: Minerva Kustannus Oy.

THOMPSON, Ken. 2008. Komposti. Gummerus Kustannus Oy.

Kompostoitumisprosessin aikajana. Kompostin kypsyystestit. 2006. [kuva]. Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy [viitattu 2019-04-07]. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>

Kompostin kypsyysarviointiohje. Kompostin kypsyystestit. 2006. [kuva]. Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy [viitattu 2019-04-07]. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>

Kompostin kypsyystestit. 2006. [verkkoaineisto]. Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy [viitattu 2019-04-07]. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>

Hippolis.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-07] Saatavissa: http://www.hippolis.fi/fi_innohorse/fi_mature/fi_good_practices/fi_drumcomposting/

Tunnelikompostoinnin periaatteet. mtt.fi [kuva]. [viitattu 2019-04-07] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/lcainlandscaping/esitelmat/Komposti%20info_1.pdf

mtt.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-07] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/lcainlandscaping/esitelmat/Komposti%20info_1.pdf

F. oxysporum f.sp. cepae punahomesieni ja sen itiöt. Agritech.tnau.ac.in [kuva]. [viitattu 2019-04-22] Saatavissa: http://agritech.tnau.ac.in/crop_protection/onion_diseases_1.html

wiki.bugwood.org [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-22] Saatavissa: https://wiki.bugwood.org/HPIPM:Onion_Fusarium_Basal_Plate_Rot

CARRIERI, R., RAIMO, F., PENTANGELO, A. ja LAHOZ, E. 2013. *Fusarium proliferatum* and *Fusarium tricinctum* as causal agents of pink rot of onion bulbs and the effect of soil solarization combined with compost amendment in controlling their infections in field. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-22] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S026121941200261X>

Lämpökäsittelyn ja peittauksen vaikutuksia istukkaiden *Fusarium*-saastumisprosentteihin EKO-as-hankkeessa. Mtt.fi [kuva]. [viitattu 2019-04-22] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/luomupuutarha/Tietokortti_sipulin%20Fusarium_08_14.pdf

mtt.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-22] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/luomupuutarha/Tietokortti_sipulin%20Fusarium_08_14.pdf

BEHRANI, G., SYED, R., ABRO, M., JISKANI, M. ja KHANZADA, M. 2015. Pathogenicity and chemical control of basal rot of onion caused by *Fusarium oxysporum f.sp. cepae*. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-22] Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/312169799_PATHOGENICITY_AND_CHEMICAL_CONTROL_OF_BASAL_ROT_OF_ONION_CAUSED_BY_FUSARIUM_OXYSPORUM_F_SP_CEPAE

Biologiset torjuntamenetelmät luomusipulin ja -perunan tautitorjunnassa. 2015. [verkkoaineisto]. Luonnonvarakeskus [viitattu 2019-18-09]. Saatavissa: http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/519349/luke-luobio_42_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MONTALBA, R., ARRIAGADA, C., ALVEAR, M. ja ZUNIGA, G. 2010. Effects of conventional and organic nitrogen fertilizers on soil microbial activity, mycorrhizal colonization, leaf antioxidant content, and *Fusarium* wilt in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). [verkkoaineisto]. [viitattu 24-09-22] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0304423810002128>

Laitoskompostien laadun parantaminen kypsytystä tehostamalla. 2004. [verkkoaineisto]. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus [viitattu 2019-18-09]. Saatavissa: <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/441159/mtts70.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

yara.co.uk [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-09-22] Saatavissa: <https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/onion/onion-nutritional-summary/>

- ABDELRAHMAN, M., ABDEL-MOTAAL, F., EL-SAYED, M., JOGAIAH, S., SHIGYO, M., ITO, S. ja TRAN, L. 2016. Dissection of *Trichoderma longibrachiatum*-induced defense in onion (*Allium cepa* L.) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepa* by target metabolite profiling. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-09-22] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0168945216300206>
- LEHMANN, J., RILLIG, M., THIES, J., MASIELLO, C., HOCKADAY, W., ja CROWLEY, D. 2011. Biochar effects on soil biota – A review. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-09-22] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0038071711001805>
- EL NAGGAR, A., EL NAGGAR, A.H., SHAHEEN, S., SARKAR, B., CHANG, S., TSANG, D., RINKLEBE, J., ja OK, Y. 2019. Biochar composition-dependent impacts on soil nutrient release, carbon mineralization, and potential environmental risk: A review. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-09-22] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0301479719301951>
- en.wikipedia.org [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-10-20] Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Tomato_leaf_mold
- Rumpukompostori. Rekitec.fi [kuva]. [viitattu 2019-11-26] Saatavissa: <http://www.rekitec.fi/wp-content/uploads/2019/06/rekitec-kompostoriratkaisut.pdf>
- Aumakomposti. Yle.fi [kuva]. [viitattu 2019-11-26] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-6254352>
- Kehikkokompostori. Yhteishyva.fi [kuva]. [viitattu 2019-11-26] Saatavissa: <https://yhteishyva.fi/koti/nain-perustatuuden-kompostorin/article-641103>
- yle.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-11-26] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9869257>
- biopallo.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-12-13] Saatavissa: <https://biopallo.com/>
- VARLA, Arno 2019-11-19. Biopallo [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-10-20. Sipulinäytteen *Fusarium*-analyysin tulokset [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-09-09. *Fusariumin* tuhoama sipuli [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-09-19. Kompostin kemialliset ominaisuudet [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-06-07. Kasvatuserä 1 7.6.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-06-07. Kasvatuserä 2 7.6.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-06-07. Kasvatuserä 3 7.6.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-06-27. Kasvatuserä 1 27.6.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-06-27. Kasvatuserä 2 27.6.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-06-27. Kasvatuserä 3 27.6.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-07-22. Kasvatuserä 1 22.7.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-07-22. Kasvatuserä 2 22.7.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-07-22. Kasvatuserä 3 22.7.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-08-22. Kasvatuserä 1 22.8.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-08-22. Kasvatuserä 2 22.8.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-08-22. Kasvatuserä 3 22.8.19 [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-09-09. Kasvatuserä 1 sipulisato [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-09-09. Kasvatuserä 2 sipulisato [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.
- VARLA, Arno 2019-09-09. Kasvatuserä 3 sipulisato [kuva]. Sijainti: Kuopio: Arno Varlan sähköiset kokoelmat.

9 LIITTEET

9.1 LIITE 1: KASVATUSKOKEISSA KÄYTETTY KOMPOSTI (VAIN TILAAJAN KÄYTTÖÖN)

9.2 LIITE 2: KASVATUSKOKEIDEN TOTEUTUS (VAIN TILAAJAN KÄYTTÖÖN)

9.3 LIITE 3: VÄLIRAPORTTI KASVATUSKOKEISTA (VAIN TILAAJAN KÄYTTÖÖN)

9.4 LIITE 4: KUVAGALLERIA KASVATUSKOKEISTA



Kuva 13. Kasvatuserä 1 7.6.19 (Varla 2019-06-07) Kuva 14. Kasvatuserä 2 7.6.19 (Varla 2019-06-07)



Kuva 15. Kasvatuserä 3 7.6.19 (Varla 2019-06-07)



Kuva 16. Kasvatuserä 1 27.6.19 (Varla 2019-06-27)

Kuva 17. Kasvatuserä 2 27.6.19 (Varla 2019-06-27)



Kuva 18. Kasvatuserä 3 27.6.19 (Varla 2019-06-27)



Kuva 19. Kasvatuserä 1 22.7.19 (Varla 2019-07-22) Kuva 20. Kasvatuserä 2 22.7.19 (Varla 2019-07-22)



Kuva 21. Kasvatuserä 3 22.7.19 (Varla 2019-07-22)



Kuva 22. Kasvatuserä 1 22.8.19 (Varla 2019-08-22)



Kuva 23. Kasvatuserä 2 22.8.19 (Varla 2019-08-22)



Kuva 24. Kasvatuserä 3 22.8.19 (Varla 2019-08-22)



Kuva 25. Kasvatuserä 1 sipulisato (Varla 2019-09-09)



Kuva 26. Kasvatuserä 2 sipulisato (Varla 2019-09-09)



Kuva 26. Kasvatuserä 3 sipulisato (Varla 2019-09-09)